

Вестник компьютерных и информационных технологий, 2009, N 9, с.50-53

УДК 621.317:004.42

## О компьютерной обработке результатов измерений

**О.Я. Шмелёв, В.Ф. Королёв**

*Московский Государственный университет приборостроения и информатики*

*Проблемная лаборатория молекулярной акустики*

*Россия, 107076, Москва, Стромынка 20*

*Тел. (8)499-144-27-49. E-mail: [shmelyoff@post.ru](mailto:shmelyoff@post.ru). Web: <http://shmelyoff.nm.ru>*

*Описывается устройство и оригинальная компьютерная программа для измерения электрических сигналов в задаваемом временном масштабе при помощи внешнего аналого-цифрового преобразователя, ввода этих данных в компьютер и передачи их в анализирующую программу.*

**Ключевые слова:** *компьютер, обработка измерений.*

On computer processing of measurement results

**O. Ya. Shmelyoff, V.F. Korolyoff**

*Moscow State University of Instrument Engineering and Computer Science, Problem*

*Laboratory of Molecular Acoustics. Stromynka 20, Moscow, 107076, Russia,*

*e-mail: [shmelyoff@post.ru](mailto:shmelyoff@post.ru), web: <http://shmelyoff.nm.ru>.*

*The device and original computers program for measuring electrical signals via external analog-to-digital converter and transfer them to analyzing software is described.*

**Key words:** *Computer, measurement, processing.*

## Введение

Построение системы программного обеспечения для обработки экспериментальных данных в измерительно-вычислительных комплексах можно выполнять по нескольким основными направлениями.

Один из таких способов это - написание специализированной программы предназначенной для работы только с данной конкретной экспериментальной установкой. Так

делал один из авторов этих строк [1] в установке для автоматического измерения низкочастотных акустических параметров анизотропных жидкостей [2]. В значительной степени это была вынужденная мера, обусловленная спецификой развития тогдашней (80-х годов прошлого века) вычислительной техники в нашей стране. Отсутствие сколько-нибудь доступного научного программного обеспечения для персональных компьютеров подвигало на постройку измерительно-вычислительных систем практически с нуля. Данное решение хорошо с точки зрения пользователя уже изготовленной системы, с жестко заданным алгоритмом обработки экспериментальных данных, потому что этому пользователю совершенно не требуется вникать в какие-либо аспекты программирования. Однако даже незначительное изменение этого алгоритма требует достаточно трудоемкого репрограммирования, доступного обычно только автору системы.

В настоящее время возможен и другой подход. Например, известные программные пакеты *LabView* или *LabWindows* обладают достаточно высокими возможностями и гибкостью, как по части ввода данных, так и в сфере их обработке. Однако, хотя эти системы и не требуют знания деталей функционирования узлов применяемой аппаратуры, они все же нуждаются в достаточно квалифицированном программировании.

### Предлагаемый подход

Возможно еще одно решение. Существуют программы обработки экспериментальных данных вообще не требующие умения программирования. Наиболее известная из таких программ это - *TableCurve 2D* (разрабатываемая в разное время фирмами *JANDEL-SPSS-SYSTAT*), предназначенная для аппроксимации экспериментальных данных аналитическими функциями самых различных типов, в том числе и задаваемых пользователем в виде обычного алгебраического выражения. При анализе экспериментальных данных указанной программой имеется два основных подхода. В случае если модель изучаемого явления не известна, с помощью программы *TableCurve 2D* почти всегда возможно подобрать некоторые функции, которые достаточно точно, в смысле среднеквадратичного отклонения, аппроксимируют исходные экспериментальные данные. Затем на основании вида полученных функций можно попытаться сделать заключение о природе изучаемого явления.

Если же имеется тем или иным способом (например, из теоретического предположения) ранее полученная математическая модель исследуемого явления, то аппроксимация

экспериментальных данных соответствующим аналитическим выражением позволяет найти конкретные параметры, входящие в модель, и, как правило, имеющие вполне определенный физический смысл. По величине среднеквадратичного отклонения при аппроксимации можно сделать заключение о применимости выбранной модели и точности найденных параметров.

Таким образом, программа *TableCurve 2D* позволяет весьма гибко изменять стратегию анализа экспериментальных данных, не требуя при этом от экспериментатора даже элементарных навыков составления программ для компьютера.

Однако у программы *TableCurve 2D* есть один, но весьма существенный недостаток – она не умеет вводить данные от каких-либо внешних приборов, не входящих в базовый состав обычного персонального компьютера. В ней предусмотрен только ручной либо файловый ввод исходных числовых данных подлежащих обработке. Таким образом, возможности применения этой программы в измерительно-вычислительных комплексах реального времени чрезвычайно ограничены.

В настоящей работе описывается один из возможных способов решения задачи автоматического ввода экспериментальных данных в персональный компьютер и, конкретно, непосредственно в программу *TableCurve 2D* для их последующего анализа.

### Практическая реализация

Разработанная нами оригинальная программа *SignLab* позволяет измерять электрический сигнал при помощи внешнего аналого-цифрового преобразователя (АЦП), вводить эти данные через параллельный (принтерный) порт в компьютер и передавать эти данные на анализ в программу *TableCurve 2D*. В настоящем варианте программы данные вводятся при помощи промышленного АЦП типа Ф7077М. Программа может быть достаточно легко адаптирована для ввода данных и с другого оборудования, имеющего цифровой интерфейс.

Программа *SignLab* позволяет считывать данные с АЦП в задаваемом экспериментатором временном масштабе. Размер считываемого блока данных может варьироваться в интервале от  $2^5$  до  $2^{24}$  отсчетов. Скоростью ввода может задаваться в пределах от 4000 до 140000 выборок входного сигнала в секунду в режиме ввода 10-битных данных. В режиме ввода 8-битных данных максимальная скорость ввода может достигать 850000 отсчетов входного сигнала в секунду. Максимальная скорость ввода определяется скоростью работы

параллельного порта компьютера, через который осуществляется прием данных с АЦП. Предусмотрено линейное усреднение входных данных. Кратность усреднения задается в процессе измерения в диапазоне до 32 последовательных отсчетов входного сигнала.

В перерывах между сеансами работы все установленные параметры и текущее состояние программа автоматически сохраняет на жестком диске компьютера для дальнейшего их использования.

Описываемая программа SignLab предназначена для взаимодействия с программой TableCurve 2D версий 4, 5, 5.01. Работа идет в операционной системе Windows 95/98/Me/NT/2000/2003/XP/Vista. Минимальные требования к компьютеру: процессор P-166, объем оперативной памяти, необходимый для работы самой программы, не превышает 4 Мб. Программа SignLab имеет размер всего 320 Кбайт и бесплатно доступна в интернете [3].

### Программные особенности

Опишем вкратце особенности программной реализации устройства. Поскольку в программе *TableCurve 2D* не предусмотрена какая-либо автоматизация или внешнее, со стороны других программ, управление проблема взаимодействия с ней решается следующим образом. Большая часть команд осуществляется посылкой управляющих сообщений операционной системы *Windows* оконным компонентам программы, таким, как кнопки и пункты меню. Там, где такой способ недоступен, программно эмулируется нажатие необходимых клавиш компьютерной клавиатуры. Вызов программы *TableCurve 2D* осуществляется автоматически при запуске процесса измерения.

В разработанной программе предусмотрен режим автономного тестирования всей процедуры сбора и обработки измерительной информации без использования АЦП. Для этого программно синтезируется числовая последовательность, эмулирующая полученные с внешнего измерителя данные. Затем этот массив чисел пересылается в программу обработки *TableCurve 2D*. Далее автоматически инициируется процедура аппроксимации экспериментальных данных ранее подготовленной функцией.

### Аппаратные решения

Используемый в действующем образце измерительно-вычислительной системы АЦП Ф7077М подключается к параллельному порту компьютера посредством специально

изготовленного кабеля. Схема соединения АЦП Ф7077М [4] и параллельного порта компьютера [5] показана на рисунке.

В случае отсутствия в компьютере незанятого параллельного порта можно установить дополнительную плату расширения. В настоящее время серийно изготавливаются платы, содержащие, как правило, два параллельных порта. Такие платы выпускаются как для компьютеров с шиной PCI, так и для более старых компьютеров с шиной ISA. На подобных платах обычно имеются переключатели для задания базового адреса порта. Например, на используемой автором плате марки TC-020-EP, каждый из двух находящихся на ней параллельных портов может иметь, на выбор, следующие базовые адреса: 3BCh, 378h, 278h, 27Ch, 26Ch, 268h. В управляющей программе предусмотрено использование в качестве рабочего любого из вышеперечисленных адресов. Никакой программной поддержки дополнительных портов со стороны BIOS или операционной системы для работы разработанной управляющей программы не требуется. Необходимо только сконфигурировать адреса дополнительных портов так, чтобы исключить конфликт со всеми уже имеющимися в системе портами (не только параллельными).

Для аппаратного согласования управляющих сигналов компьютера и АЦП необходим один дополнительный инвертор. Схема подключения его показана на рисунке в границах изображения АЦП. Для этого удобно использовать незадействованный логический элемент (DD1) из состава принципиальной схемы АЦП Ф7077М [4]. Если же по каким-либо причинам вскрывать АЦП нежелательно, следует расположить требуемый дополнительный инвертор прямо на выводах разъема кабеля, соединяющего АЦП и компьютер. В качестве инвертора можно использовать любой элемент стандартных TTL серий микросхем, например 555ЛН1.

Для питания АЦП Ф7077М необходимо применять двухполярный стабилизированный малощумящий источник постоянного тока напряжением  $\pm 5$  В и  $\pm 12$  В. При условии дополнительной фильтрации помех допустимо использование имеющегося в компьютере источника напряжением +5 В и  $\pm 12$  В. В этом случае необходимо соединить между собой выводы 9Б и 10Б блока АЦП. Тем самым будет задействован внутренний стабилизатор напряжения  $-5,2$  В, имеющийся в АЦП Ф7077М.

Точность разработанной измерительной системы целиком определяется параметрами применяемого АЦП и для прибора Ф7077М составляет величину порядка 0,5 % [4]. Точность аппроксимации получаемых данных в программе *TableCurve 2D* определяется, в основном,

адекватностью используемой математической модели. Эта точность должна оцениваться в каждом конкретном случае. В установке [6] мы оценивали достигаемую точность величиной порядка 1-5%.

## Программное управление механизмами измерительной техники

Для выдачи дозированных воздействий на различные элементы механических узлов измерительной техники и экспериментальных установок удобно применение шаговых двигателей, которые позволяют преобразовывать электрический сигнал управления в угловое перемещение ротора с фиксацией его в заданном положении без устройств обратной связи. Последнее обстоятельство существенно упрощает конструкцию, как соответствующих узлов, так и установок в целом.

В настоящее время производится достаточно много различных специализированных микросхем, вплоть до микроконтроллеров, для управления шаговыми двигателями. Однако доступной законченной компьютерной системы (контроллер + программа для ПК) авторам не встречалось. Нами было разработано аппаратно-программное устройство, предназначенное для независимого и одновременного интерактивного управления двумя шаговыми двигателями [7].

Устройство позволяет задавать в цифровом виде величину и направление поворота роторов шаговых двигателей. Прибор состоит из блока аппаратного сопряжения и оригинальной компьютерной контролирующей программы. Минимальный шаг поворота определяется маркой применяемых двигателей и для двигателей типа ДШИ200-1(3) составляет  $1.8^{\circ} \pm 0.1^{\circ}$  (без использования редуктора). Максимальная скорость вращения двигателей составляет 100 шагов в секунду, что определяется быстродействием операционной системы. Блок аппаратного сопряжения подключается к компьютеру через стандартный порт параллельного (принтерного) интерфейса (см. замечания выше). Контролирующая программа StepMotor работает в операционной системе *Windows 95/98/Me/NT/2000/2003/XP/Vista*, имеет размер около 330 Кбайт и бесплатно доступна на вышеозначенном интернет-сайте.

Блок аппаратного сопряжения (рис.2) разработан с максимально возможной простотой на самых дешевых и распространенных отечественных компонентах. Это делает доступным его повторение. Для упрощения устройства весь алгоритм управления реализован программно. На аппаратную часть возлагается только функции электрического согласования компьютера и

двигателя.

В программе управления двигателями действует два самостоятельных потока команд: поток ввода команд управления и поток вывода данных на блок аппаратного сопряжения. В потоке ввода команд задается и отображается положение роторов двигателей в единицах, приведенных к реальным значениям параметров механически связанных с ними устройств. В потоке вывода непрерывно сравнивается истинное (текущее) положение роторов двигателей с требуемым значением и выдается воздействие на блок аппаратного сопряжения для парирования возможного рассогласования. Данное построение управляющей программы позволяет задавать новое значение угла поворота роторов двигателей независимо от того, была ли достигнута ранее введенная величина, или нет. В последнем случае двигатель будет просто продолжать вращение (возможно, изменив направление), чтобы достигнуть вновь заданного положения.

### Заключение

Описанные выше аппаратно-программные устройства позволяют строить достаточно экономичные установки для экспериментальных научных исследований, например, предложенный в статье способ решения задачи компьютерной обработки измерительной информации в сочетании с системой компьютерного управления механическими узлами измерительной техники успешно применён в системе автоматизации спектрофотометра СФ-16 [6].

### Литература

1. Шмелёв О.Я. Математическое обеспечение акустического измерительно-вычислительного комплекса. В сборнике «Применение ультразвуки к исследованию вещества», вып.38, М.: ВЗМИ, 1987, с.36-40.
2. Шмелёв О.Я. Установка для автоматического измерения низкочастотных акустических параметров анизотропных жидкостей. Измерительная техника, 1994, N 2, с.51-53.
3. Шмелёв О.Я. Автоматизация научных исследований. // (Персональный электронный ресурс). Москва, 2009, URL: <http://shmelyoff.nm.ru/gss.htm>, <http://www.corbina.ru/~shmelyoff/gss.htm> (дата обращения: 18.02.2009).
4. Преобразователи аналого-цифровые Ф7077М/1 и Ф7077М/2. Техническое описание и

инструкция по эксплуатации, 1990, “М-5251”, 52 с.

5. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия. Санкт-Петербург, «Питер Кон», 1999, с.632-635.
6. Шмелёв О.Я., Королёв В.Ф. Компьютерный контроль параметров электронно-измерительных узлов спектрофотометра СФ-16. Метрология, 2004, № 8, с.16-19.
7. Шмелёв О.Я., Королёв В.Ф. Компьютерное управление механическими узлами измерительной техники. Метрология, 2007, № 3, с.12-17.

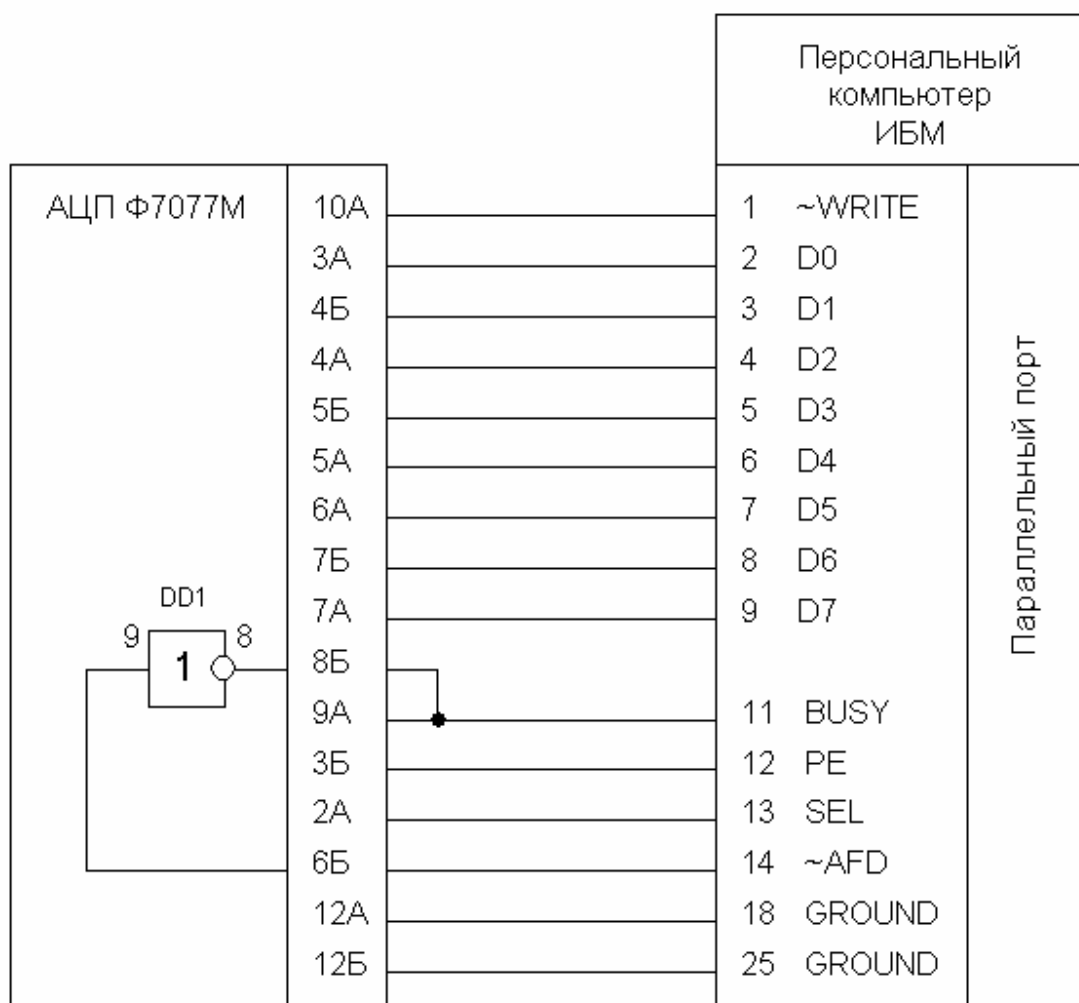


Рис.1. Принципиальная схема соединения АЦП Ф7077М с компьютером.

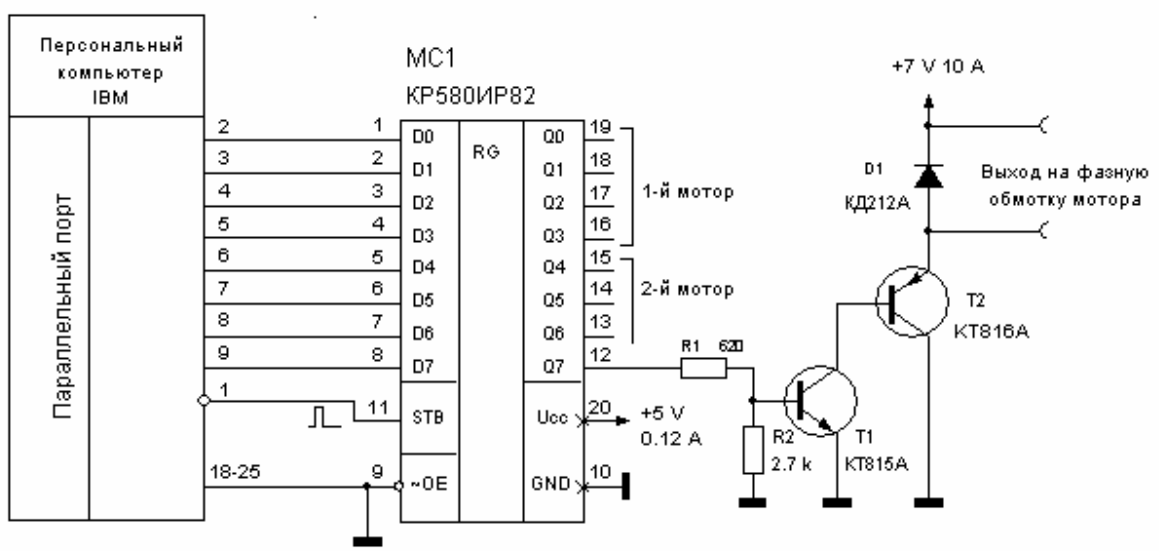


Рис.2. Принципиальная схема аппаратного блока сопряжения шаговых двигателей с компьютером.